

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012654751

WPI Acc No: 1999-460856/199939

XRAM Acc No: C99-135512

XRPX Acc No: N99-344921

**Method of removing a porous region from a substrate used particularly for
SOI substrate manufacture**

Patent Assignee: CANON KK (CANON)

Inventor: SAKAGUCHI K; YANAGITA K

Number of Countries: 032 Number of Patents: 010

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week	
EP 938132	A2	19990825	EP 98310437	A	19981218	199939	B
AU 9898188	A	19990729	AU 9898188	A	19981224	199941	
JP 11204494	A	19990730	JP 983397	A	19980109	199941	
CN 1222757	A	19990714	CN 98125515	A	19981225	199946	
KR 99066873	A	19990816	KR 9858992	A	19981226	200045	
US 6127281	A	20001003	US 98211559	A	19981215	200050	
SG 75147	A1	20000919	SG 985829	A	19981215	200055	
TW 440950	A	20010616	TW 98120966	A	19981216	200203	
AU 745396	B	20020321	AU 9898188	A	19981224	200233	
KR 354918	B	20021118	KR 9858992	A	19981226	200332	

Priority Applications (No Type Date): JP 983397 A 19980109

Patent Details:

Patent No	Kind	Land Pg	Main IPC	Filing Notes
EP 938132	A2	E 21	H01L-021/306	
Designated States (Regional): AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT				
LI	LT	LU	LV	MC MK NL PT RO SE SI
AU 9898188	A		H01L-021/30	
JP 11204494	A	19	H01L-021/306	
CN 1222757	A		H01L-021/306	
KR 99066873	A		H01L-021/302	
US 6127281	A		H01L-021/00	
SG 75147	A1		H01L-021/306	
TW 440950	A		H01L-021/306	
AU 745396	B		H01L-021/30	Previous Publ. patent AU 9898188
KR 354918	B		H01L-021/302	Previous Publ. patent KR 99066873

Abstract (Basic): EP 938132 A2

NOVELTY - A method (I) of removing a porous region from a substrate comprises a first step of processing by an etchant to which an ultrasonic wave is supplied, a second step using an etchant where the ultrasonic wave is weaker or not present and a third step of removing the porous region.

DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following:

(a) semiconductor substrate manufacturing method comprising forming a porous layer and at least one nonporous layer on a first substrate, bonding a second substrate to the nonporous side, removing the first substrate from the bonded stack to expose the porous layer on a surface of the second substrate and removing the porous layer as in (I);

(b) a porous region removing apparatus comprising means for executing the first, second and third steps of (I).

USE - Used for semiconductor substrate manufacture, particularly an SOI substrate.

ADVANTAGE - Allows removal of a porous region whilst maintaining

the planarity of an underlying layer.

pp; 21 DwgNo 0/12

Technology Focus:

TECHNOLOGY FOCUS - INORGANIC CHEMISTRY - The first step comprises filling the pores with etchant. The second step comprises etching the pore walls to less than a predetermined thickness. The third step comprises removing the weakened porous region by supplying an ultrasonic wave whilst etching, or by a high pressure fluid or by scrubbing.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-204494

(43)公開日 平成11年(1999)7月30日

(51)Int.Cl.
H 01 L 21/306
27/12

識別記号

F I
H 01 L 21/306
27/12

B
B

審査請求 未請求 請求項の数35 O.L (全 19 頁)

(21)出願番号

特願平10-3397

(22)出願日

平成10年(1998)1月9日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 坂口 清文

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 柳田 一隆

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

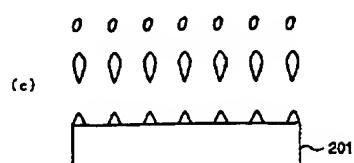
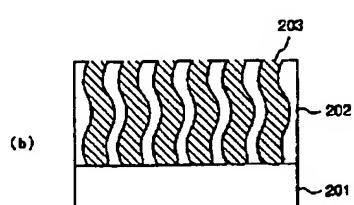
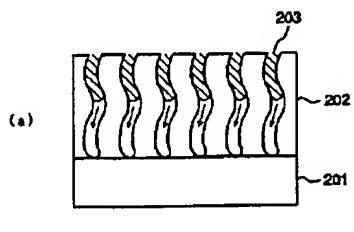
(74)代理人 弁理士 大塚 康徳 (外2名)

(54)【発明の名称】 多孔質領域の除去方法及び半導体基体の製造方法

(57)【要約】

【課題】多孔質層を除去した後の下地の平坦性を確保す
る。

【解決手段】エッティング液中の処理対象の基板を浸し、
第1工程では、超音波を供給して多孔質Si層の孔にエ
ッティング液を染み込ませる。第2工程では、超音波の供
給を中止し、エッティング作用により孔壁を薄くする。第
3工程では、再度超音波を供給し、多孔質層を一気に崩
壊させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 多孔質領域を有する基体から該多孔質領域を除去する多孔質領域の除去方法であって、エッティング液に超音波を誘導しながら該エッティング液により多孔質領域を処理する第1工程と、エッティング液に超音波を誘導することなく、又はエッティング液に前記第1工程において誘導する超音波よりも弱い超音波を誘導しながら該エッティング液により多孔質領域を処理する第2工程と、

基体に残存する多孔質領域を除去する第3工程と、を含むことを特徴とする多孔質領域の除去方法。

【請求項2】 前記第1工程では、エッティング液を多孔質領域の孔の深部まで染み込ませることを特徴とする請求項1に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項3】 前記第2工程では、エッティング作用により多孔質領域の孔壁の厚さを所定厚以下まで薄くすることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項4】 前記第2工程では、前記第3工程において残存する多孔質領域を一括して除去し得る程度に多孔質領域の孔壁を薄くさせることを特徴とする請求項3に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項5】 前記第3工程では、基体に残存する多孔質領域をエッティング液により除去することを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項6】 前記第3工程では、エッティング液に超音波を誘導しながら該エッティング液により基体に残存する多孔質領域を除去することを特徴とする請求項5に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項7】 処理対象の基体を同一のエッティング液に浸した状態で前記第1乃至第3工程を実行することを特徴とする請求項5又は請求項6に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項8】 前記第3工程では、多孔質領域に対するエッティング速度が前記第1及び第2のエッティング液よりも速いエッティング液により、基体に残存する多孔質領域を除去することを特徴とする請求項5又は請求項6に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項9】 処理対象の基体をエッティング液に完全に浸した状態で前記第1乃至第3工程を実行することを特徴とする請求項5乃至請求項8のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項10】 処理対象の基体をエッティング液に完全に浸した状態で前記第1及び/又は第2工程を実行することを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項11】 前記第3工程では、基体に残存する多孔質領域を高圧の流体により除去することを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法。

域の除去方法。

【請求項12】 前記第3工程では、基体に残存する多孔質領域をスクラバー洗浄法により除去することを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項13】 エッティング液に超音波を誘導しながら基体を処理する際に、超音波源と該基体との相対的な位置関係を変化させることを特徴とする請求項1乃至請求項12のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項14】 エッティング液に超音波を誘導しながら基体を処理する際に、該基体をエッティング液中に揺動させることを特徴とする請求項13に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項15】 エッティング液に超音波を誘導しながら基体を処理する際に、該基体を回転させることを特徴とする請求項13に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項16】 エッティング液に超音波を誘導しながら基体を処理する際に、該基体及び前記超音波源の少なくとも一方の位置を超音波の振動面に対して実質的に平行又は垂直な方向に変化させることを特徴とする請求項13に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項17】 エッティング液により基体を処理する際に、該基体を揺動又は回転させることを特徴とする請求項1乃至請求項12のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項18】 エッティング液により基体を処理する際に、該エッティング液を循環させて該基体付近において該エッティング液の流れを形成することを特徴とする請求項1乃至請求項12のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項19】 前記第1及び第2工程を同一のエッティング槽内に基体を浸して実行し、前記第1工程では、超音波源を動作させ、第2工程では、該超音波源の動作を停止させることを特徴とする請求項1乃至請求項18のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項20】 前記第1及び第2工程を同一のエッティング槽内に基体を浸して実行し、前記第1及び第2工程において連続的に超音波源を動作させ、かつ、前記第2工程では、超音波源と該基体との間に超音波の遮蔽板を挟むことを特徴とする請求項1乃至請求項18のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項21】 処理対象の基体は、単結晶Siからなることを特徴とする請求項1乃至請求項20のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項22】 前記多孔質領域は、多孔質Siからなることを特徴とする請求項1乃至請求項20のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項23】 前記多孔質領域は、単結晶Siからなる基体を陽極化成してなることを特徴とする請求項22に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項24】 エッチング液として、

(a) 弗酸

(b) 弗酸にアルコール及び過酸化水素水の少なくとも一方を添加した混合液、(c) バッファード弗酸、

(d) バッファード弗酸にアルコール及び過酸化水素水の少なくとも一方を添加した混合液、のいずれかを使用することを特徴とする請求項1乃至請求項23のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法。

【請求項25】 半導体基体の製造方法であって、第1の基体に多孔質層及び少なくとも1層の非多孔質層を形成する工程と、第1の基体の非多孔質層側に第2の基体を貼り合せる工程と、貼り合せた基体より第1の基体を除去して第2の基体上に多孔質層を表出させる工程と、請求項1乃至請求項24のいずれか1項に記載の多孔質領域の除去方法を適用して、第2の基体上の多孔質層を除去する工程と、を含むことを特徴とする半導体基体の製造方法。

【請求項26】 前記多孔質層を表出させる工程では、前記貼り合せた基体の第1の基体の裏面側から該第1の基体を研削、研磨又はエッチングすることにより、第2の基体上に多孔質層を表出させることを特徴とする請求項25に記載の半導体基体の製造方法。

【請求項27】 前記多孔質層を表出させる工程では、前記貼り合せた基体を多孔質層で分割することにより、第2の基体上に多孔質層を表出させることを特徴とする請求項25に記載の半導体基体の製造方法。

【請求項28】 前記非多孔質層は、単結晶Si層を含むことを特徴とする請求項25乃至請求項27のいずれか1項に記載の半導体基体の製造方法。

【請求項29】 前記非多孔質層は、単結晶Si層及びSi酸化物層を含むことを特徴とする請求項25乃至請求項27のいずれか1項に記載の半導体基体の製造方法。

【請求項30】 前記単結晶Si層は、第1の基体の多孔質層上にエピタキシャル成長法により形成された層であることを特徴とする請求項28又は請求項29に記載の半導体基体の製造方法。

【請求項31】 前記非多孔質層は、単結晶化合物半導体層を含むことを特徴とする請求項25乃至請求項27のいずれか1項に記載の半導体基体の製造方法。

【請求項32】 前記第2の基体は、Si材料からなる基体であることを特徴とする請求項25乃至請求項31のいずれか1項に記載の半導体基体の製造方法。

【請求項33】 前記第2の基体は、第1の基体と貼り合せる面にSi酸化物層を有することを特徴とする請求項25乃至請求項32のいずれか1項に記載の半導体基体の製造方法。

【請求項34】 前記第2の基体は、光透過性の基体で

あることを特徴とする請求項25乃至請求項31のいずれか1項に記載の半導体基体の製造方法。

【請求項35】 多孔質領域を有する基体から該多孔質領域を除去する多孔質領域の除去装置であって、エッチング液に超音波を誘導しながら該エッチング液により多孔質領域を処理する第1工程を実行する手段と、エッチング液に超音波を誘導することなく、又はエッチング液に前記第1工程において誘導する超音波よりも弱い超音波を誘導しながら該エッチング液により多孔質領域を処理する第2工程を実行する手段と、基体に残存する多孔質領域を除去する第3工程を実行する手段と、を含むことを特徴とする多孔質領域の除去装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、多孔質領域の除去方法及び半導体基体の製造方法に係り、特に、多孔質領域を有する基体から該多孔質領域を除去する方法及び該方法を適用した半導体基体の製造方法並びに多孔質領域を除去する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】第1の基板に多孔質Si層及び単結晶Si層を順に形成し、この基板を別途用意した第2の基板に貼り合せ、その貼り合せ基板を多孔質Si層において2枚に分離して、第1の基板側に形成された単結晶Si層を第2の基板側に移すことによりSOI基板を作成する方法がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記の方法においては、貼り合せ基板を2枚に分離した後、第2の基板側の表面に残存する多孔質Si層を除去する。この多孔質Si層の除去の際、その下地である第2の基板の表面の平坦性、特に、該第2の基板の表面層である単結晶Si層の膜厚の均一性を阻害しないことが望まれる。

【0004】本発明は、上記の背景に鑑みてなされたものであり、下地の平坦性を維持することが可能な多孔質領域の除去方法及び該方法を適用した半導体基体の製造方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明に係る多孔質領域の除去方法は、多孔質領域を有する基体から該多孔質領域を除去する方法であって、エッチング液に超音波を誘導しながら該エッチング液により多孔質領域を処理する第1工程と、エッチング液に超音波を誘導することなく、又はエッチング液に前記第1工程において誘導する超音波よりも弱い超音波を誘導しながら該エッチング液により多孔質領域を処理する第2工程と、基体に残存する多孔質領域を除去する第3工程とを含むことを特徴とする。

【0006】上記の多孔質領域の除去方法において、前

記第1工程では、エッティング液を多孔質領域の孔の深部まで染み込ませることが好ましい。

【0007】上記の多孔質領域の除去方法において、前記第2工程では、エッティング作用により多孔質領域の孔壁の厚さを所定厚以下まで薄くすることが好ましい。

【0008】上記の多孔質領域の除去方法において、前記第2工程では、前記第3工程において残存する多孔質領域を一括して除去し得る程度に多孔質領域の孔壁を薄くさせることが好ましい。

【0009】上記の多孔質領域の除去方法において、前記第3工程では、基体に残存する多孔質領域をエッティング液により除去することが好ましい。

【0010】上記の多孔質領域の除去方法において、前記第3工程では、エッティング液に超音波を誘導しながら該エッティング液により基体に残存する多孔質領域を除去することが好ましい。

【0011】上記の多孔質領域の除去方法において、処理対象の基体を同一のエッティング液に浸した状態で前記第1乃至第3工程を実行することが好ましい。

【0012】上記の多孔質領域の除去方法において、前記第3工程では、多孔質領域に対するエッティング速度が前記第1及び第2のエッティング液よりも速いエッティング液により、基体に残存する多孔質領域を除去することが好ましい。

【0013】上記の多孔質領域の除去方法において、処理対象の基体をエッティング液に完全に浸した状態で前記第1乃至第3工程を実行することが好ましい。

【0014】上記の多孔質領域の除去方法において、処理対象の基体をエッティング液に完全に浸した状態で前記第1及びノ/又は第2工程を実行することが好ましい。

【0015】上記の多孔質領域の除去方法において、前記第3工程では、基体に残存する多孔質領域を高圧の流体により除去することが好ましい。

【0016】上記の多孔質領域の除去方法において、前記第3工程では、基体に残存する多孔質領域をスクラバ一洗浄法により除去することが好ましい。

【0017】上記の多孔質領域の除去方法において、エッティング液に超音波を誘導しながら基体を処理する際に、超音波源と該基体との相対的な位置関係を変化させることが好ましい。

【0018】上記の多孔質領域の除去方法において、エッティング液に超音波を誘導しながら基体を処理する際に、該基体をエッティング液中で振動させることが好ましい。

【0019】上記の多孔質領域の除去方法において、エッティング液に超音波を誘導しながら基体を処理する際に、該基体を回転させることが好ましい。

【0020】上記の多孔質領域の除去方法において、エッティング液に超音波を誘導しながら基体を処理する際に、該基体及び前記超音波源の少なくとも一方の位置を

超音波の振動面に対して実質的に平行又は垂直な方向に変化させることが好ましい。

【0021】上記の多孔質領域の除去方法において、エッティング液により基体を処理する際に、該基体を振動又は回転させることが好ましい。

【0022】上記の多孔質領域の除去方法において、エッティング液により基体を処理する際に、該エッティング液を循環させて該基体付近において該エッティング液の流れを形成することが好ましい。

【0023】上記の多孔質領域の除去方法において、前記第1及び第2工程を同一のエッティング槽内に基体を浸して実行し、前記第1工程では、超音波源を動作させ、第2工程では、該超音波源の動作を停止させることが好ましい。

【0024】上記の多孔質領域の除去方法において、前記第1及び第2工程を同一のエッティング槽内に基体を浸して実行し、前記第1及び第2工程において連続的に超音波源を動作させ、かつ、前記第2工程では、超音波源と該基体との間に超音波の遮蔽板を挟むことが好ましい。

【0025】上記の多孔質領域の除去方法において、処理対象の基体は、例えば単結晶Siからなることが好ましい。

【0026】上記の多孔質領域の除去方法において、前記多孔質領域は、例えば多孔質Siからなることが好ましい。

【0027】上記の多孔質領域の除去方法において、前記多孔質領域は、例えば単結晶Siからなる基体を陽極化成してなることが好ましい。

【0028】上記の多孔質領域の除去方法において、エッティング液として、例えば、(a) 弗酸
(b) 弗酸にアルコール及び過酸化水素水の少なくとも一方を添加した混合液、(c) バッファード弗酸、
(d) バッファード弗酸にアルコール及び過酸化水素水の少なくとも一方を添加した混合液、のいずれかを使用することが好ましい。

【0029】本発明に係る半導体基体の製造方法は、第1の基体に多孔質層及び少なくとも1層の非多孔質層を形成する工程と、第1の基体の非多孔質層側に第2の基体を貼り合せる工程と、貼り合せた基体より第1の基体を除去して第2の基体上に多孔質層を表出させる工程と、上記の多孔質領域の除去方法を適用して第2の基体上の多孔質層を除去する工程とを含むことを特徴とする。

【0030】上記の半導体基体の製造方法において、前記多孔質層を表出させる工程では、前記貼り合せた基体の第1の基体の裏面側から該第1の基体を、例えば研削、研磨又はエッティングすることにより、第2の基体上の多孔質層を表出させることが好ましい。

【0031】上記の半導体基体の製造方法において、前

記多孔質層を表出させる工程では、例えば、前記貼り合せた基体を多孔質層で分割することにより、第2の基体上に多孔質層を表出させることが好ましい。

【0032】上記の半導体基体の製造方法において、前記非多孔質層は、例えば単結晶Si層を含むことが好ましい。

【0033】上記の半導体基体の製造方法において、前記非多孔質層は、例えば単結晶Si層及びSi酸化物層を含むことが好ましい。

【0034】上記の半導体基体の製造方法において、前記単結晶Si層は、例えば、第1の基体の多孔質層上にエピタキシャル成長法により形成された層であることが好ましい。

【0035】上記の半導体基体の製造方法において、前記非多孔質層は、例えば単結晶化合物半導体層を含むことが好ましい。

【0036】上記の半導体基体の製造方法において、前記第2の基体は、例えばSi材料からなる基体であることが好ましい。

【0037】上記の半導体基体の製造方法において、前記第2の基体は、例えば、第1の基体と貼り合せる面にSi酸化物層を有することが好ましい。

【0038】上記の半導体基体の製造方法において、前記第2の基体は、光透過性の基体であることが好ましい。

【0039】本発明に係る多孔質領域の除去装置は、多孔質領域を有する基体から該多孔質領域を除去する装置であって、エッティング液に超音波を誘導しながら該エッティング液により多孔質領域を処理する第1工程を実行する手段と、エッティング液に超音波を誘導することなく、又はエッティング液に前記第1工程において誘導する超音波よりも弱い超音波を誘導しながら該エッティング液により多孔質領域を処理する第2工程を実行する手段と、基体に残存する多孔質領域を除去する第3工程を実行する手段とを含むことを特徴とする。

【0040】

【発明の実施の形態】この発明は、例えば、第1の基板に多孔質層及び非多孔質層を順に形成し、この基板を別途用意した第2の基板に貼り合せ、その貼り合せ基板を多孔質層において2枚に分離して、第1の基板側に形成された非多孔質層を第2の基板側に移した後、第2の基板側の表面に残存する多孔質層を除去することにより、SOI基板等の基板を作成する方法に好適である。

【0041】第1の基板の材料としては、例えば単結晶Si基板が好適である。この場合、多孔質層は、多孔質Si層となる。また、その多孔質Si層の上に非多孔質層として単結晶Si層をエピタキシャル成長させることができる。さらに、該単結晶Si層の上にSiO₂層等の絶縁層を形成してもよい。

【0042】この実施の形態では、多孔質Si層及び非

多孔質層を順に形成した第1の基板と別途用意した第2の基板とを貼り合せて貼り合せ基板を作成し、該貼り合せ基板を多孔質Si層において2枚に分離した後に、第2の基板側に残存する多孔質Si層をウエットエッティング法等を適用して除去する。

【0043】多孔質Si層のエッティングにおいて、エッティング槽内に超音波を供給することにより多孔質Si層の崩壊を促進することができる。すなわち、エッティング処理の際にエッティング槽内、より詳しくは貼り合せ基板に超音波を供給することにより、多孔質Si層の孔壁が薄くなる前に該孔壁を崩壊させることができる。これにより、多孔質Si層の孔壁が崩壊し始めてから崩壊が完了するまでの時間を極めて短縮することができるため、多孔質層と該多孔質層の下地である第2の基板（例えば、単結晶Si基板）とのエッティング選択比を高めることができる。したがって、多孔質層を除去した後の第2の基板の面内のばらつき、更には基板間のばらつきを抑え、単結晶Si層の膜厚均一性の高い高品質のSOI基板を得ることができる。

【0044】しかしながら、エッティング処理に供する基板の多孔質層の厚さにばらつきがあると、多孔質Si層を除去した後における第2の基板の表面層（単結晶Si層）の膜厚均一性を確保することが困難な場合も想定される。特に、量産工程において当該問題が発生して歩留まりが低下することが危惧される。

【0045】そこで、この実施の形態では、多孔質Si層の除去の後の第2の基板の表面層（単結晶Si層）の膜厚均一性をより確実に確保するための方法を提供する。

【0046】図1は、本発明の好適な実施の形態に係る多孔質層の除去方法の原理を説明するための図である。図1(a)～図1(c)において、201は下地の基板（第2の基板）、202は多孔質層、203はエッティング液を示す。

【0047】まず、図1(a)に示す工程では、エッティング液203を多孔質層202の孔の最深部まで染み込ませる。この際、処理の対象物（例えば、貼り合せ基板）に超音波を供給することが好ましい。超音波を供給した場合、孔内にエッティング液が染み込む速度が速いからである。

【0048】次いで、図1(b)に示す工程では、エッティング作用により孔を拡大させる。この際、処理の対象物に超音波を供給しないか、或いは、超音波の強度を小さくすることが好ましい。超音波を供給した場合、孔が拡大することにより隣接する孔の間の孔壁がある程度薄くなつたところで、多孔質層の崩壊が開始するため、多孔質層の薄い部分では当該多孔質層の崩壊が早く起こり、当該部分では下地の基板201の表面がエッティングされることになるからである。この場合、基板201の表面層の膜厚均一性が阻害されることは言うまでもな

い。一方、超音波を供給しない場合は、超音波を供給した場合に比べて孔壁がより薄くならぬと孔が崩壊しないため、部分的に過度にエッチングが進行することを防止することができる。

【0049】なお、処理の対象物に超音波を供給しない場合においても、エッチングは横方向（面方向）のみならず下地方向にも進む。しかし、この場合のエッチングの影響は、超音波を供給した場合に比べて軽微である。

【0050】次いで、図1（c）に示す工程では、孔壁が薄くなつた多孔質層202を除去する。この工程には、エッチングの他、研磨、スクラバー洗浄、ウォータージェット法等を適用することができる。この工程では、エッチングにより構造的に脆弱になつた多孔質層を一気に除去する。

【0051】図1（c）に示す工程にエッチングを適用する場合、図1（a）～図1（c）に示す工程を同一のエッチング槽を用いて実行することができる。この場合、超音波の再度の供給によって多孔質層の最深部の孔壁が全領域において一気に崩壊し得る程度に薄くなるまで図1（b）に示す工程を実行し、その後、図1（c）の工程を実行する（超音波の供給）。これにより、多孔質層を一気に除去し、処理の対象物の全域において同時に下地である基板201を露出させることができる。したがつて、エッチングのばらつきを低減し、下地である基板201の平坦性を維持することができる。

【0052】以上の多孔質層の除去方法は、多数枚の基板の一括処理に容易に適用することができる。すなわち、図1（b）に示す工程において、多数枚の処理対象の夫々に関して、多孔質層の最深部の孔壁が全領域において一気に崩壊し得る厚さに到達した後に、図1（c）に示す工程を実行すればよい。

【0053】この多孔質層の除去方法は、処理の対象物を完全にエッチング液に浸漬して行うことが好ましく、この場合、エッチング液と大気との界面付近において処理の対象物にパーティクルが付着することを防止することができる。

【0054】この多孔質層の除去方法によれば、超音波を供給することにより、エッチングを促進して多孔質層の破壊を促進する他、処理の対象物からパーティクルを効率的に除去することができる。

【0055】ここで、超音波源（例えば、超音波振動子）と処理の対象物との相対的な位置関係、より具体的には、超音波振動面とエッチング液の液面との間に生じる定在波と基板との位置関係を変化させながら多孔質層の除去を行うことにより、基板の面内の全域において均一な処理を行うことができる。この方法としては、例えば、基板を回転させる方法、基板を揺動させる方法、基板を収容したキャリアを揺動させる方法、超音波源を移動させる方法等がある。

【0056】以下に、多孔質層の除去方法の好適な応用

例を説明する。

（応用例1）この応用例は、物体の加工方法に関する。図2は、この応用例に係る加工方法を示す図である。図2（a）に示す工程では、部分的に多孔質Si部402を有するSi基板401を作成する。これは、例えば、Si基板上にレジスト膜を形成し、これをリソグラフィー工程によりバタニングした後に、その結果物を陽極化することにより得られる。ここで、レジスト膜の代わりに、例えば、バタニングしたSi₃N₄膜やワックス等を採用することもできる。このワックスとしては、耐硫酸性のワックス、例えばアビエゾンワックス（商品名）が好適である。

【0057】次いで、図2（b）に示す工程では、図2（a）に示すSi基板の表面に非多孔質層（パターン）403を形成する。

【0058】次いで、図2（c）に示す工程では、多孔質Si部402を除去する。具体的には、まず、多孔質Si部402が示した図2（b）に示す基板を、多孔質Si用のエッチング液をエッチング槽に満たしたエッチング装置にセットし、超音波を供給しながらエッチングを行う。

【0059】多孔質Si部402の孔にエッチング液が十分に染み込んだら、超音波の供給を中止し、エッチングを続行する。この処理において、多孔質Si部402の孔壁が次第に薄くなる。この時、表面（図中の下方）から見た多孔質Si部402の色も次第に薄くなり、十分に孔壁が薄くなると下地である非多孔質層（パターン）403が透けて見えるようになる。

【0060】この状態で、残存した多孔質Si部を除去する。この除去の方法としては、例えば、1)再度超音波を供給しながらエッチングする方法、2) Siのエッチング速度が高いエッチング液によりエッチングする方法等がある。

【0061】なお、強固な構造物を残すのであれば、ウォータージェット法により多孔質Si部を除去してもよい。

【0062】ここで、Si基板401の全体を多孔質Siにすることにより、該基板上に形成された非多孔質層のみを残すことができる。また、上記の例の如く非多孔質層403をバタニングしておくことにより、例えば、図2（c）に示す片持ち梁のように、種々の構造体を形成することができる。

【0063】（応用例2）この応用例は、半導体基板の製造方法に関する。図3は、この応用例に係る半導体基板の製造方法に関する。まず、図3（a）に示す工程では、第1のSi単結晶基板501を用意して、その片面に多孔質Si層502を形成する。次いで、図3（b）に示す工程では、多孔質Si層502の表面に少なくとも1層の非多孔質層503を形成する。この非多孔質層503としては、例えば、単結晶Si層、多結晶Si

層、非晶質Si層、金属層、化合物半導体層、超伝導層等が好適である。また、この非多孔質層503として、MOSFET等の素子構造を含む層を形成してもよい。更に、最表面層にSiO₂層504を形成してこれを第1の基板とすることが好ましい。このSiO₂層504は、後続の工程で第1の基板と第2の基板505とを貼り合わせた際に、その貼り合わせの界面の界面準位を活性層から離すことができるという意味でも有用である。

【0064】次いで、図3(d)に示すように、別途用意した第2の基板505と図3(c)に示す第1の基板とを、SiO₂層504を挟むようにして、室温で密着させる。その後、陽極接合処理、加圧処理、あるいは必要に応じて熱処理を施すこと、あるいはこれらの処理を組合せることにより、貼り合わせを強固なものにしても良い。

【0065】なお、非多孔質層503として、単結晶Si層を形成した場合には、例えば該単結晶Si層の表面に熱酸化等の方法によってSiO₂層504を形成した後に第2の基板505と貼り合わせることが好ましい。

【0066】第2の基板505としては、Si基板、Si基板上にSiO₂層を形成した基板、石英等の光透過性の基板、サファイア等が好適である。しかし、第2の基板505は、貼り合わせに供される面が十分に平坦であれば十分であり、他の種類の基板であっても良い。

【0067】なお、図3(d)は、SiO₂層504を介して第1の基板と第2の基板とを貼り合わせた状態を示しているが、このSiO₂層504は、非多孔質層503または第2の基板がSiでない場合には設けなくても良い。

【0068】また、貼り合わせの際には、第1の基板と第2の基板との間に絶縁性の薄板を挟んでも良い。

【0069】次いで、図3(e)に示す工程では、多孔質Si層502を境にして、第1のSi基板501側を第2の基板側から除去する。除去の方法としては、研削、研磨或いはエッチング等により第1の基板側を廃棄する方法と、多孔質Si層502を境にして第1の基板側と第2の基板側とに分離する方法とがある。

【0070】次いで、図3(f)に示す工程では、第2の基板側の表面に残存する多孔質Si層502を除去する。具体的には、まず、第2の基板側を多孔質Siのエッチング液をエッチング槽に満たしたエッチング槽にセットし、超音波を供給しながらエッチングを行う。

【0071】多孔質Si部の孔にエッチング液が十分に染み込んだら、超音波の供給を中止し、エッチングを続行する。この処理において、多孔質Si層502の孔壁が次第に薄くなる。この時、表面から見た多孔質Si層502の色も次第に薄くなり、十分に孔壁が薄くなると下地である非多孔質層(例えば、単結晶Si層)503が透けて見えるようになる。

【0072】この状態で、残留した多孔質Si層502

を除去する。この除去の方法としては、例えば、1)再度超音波を供給しながらエッチングする方法、2) Siのエッチング速度が高いエッチング液によりエッチングする方法、3) ウォータージェット法により多孔質Si層502を除去する方法、4) 多孔質Si層502を研磨する方法、5) スクラバー洗浄する方法等がある。

【0073】図3(f)は、上記の方法で得られる半導体基板(SOI基板)を概略的に示す図である。第2の基板505上に絶縁層(例えば、SiO₂層)504を介して非多孔質層(例えば、単結晶Si層)503が平坦かつ均一な膜厚で形成される。この方法によれば、良好な品質を有する大面積の半導体基板を製造することができる。

【0074】例えば、第2の基板505として絶縁性の基板を採用すると、上記の製造方法によって得られる半導体基板は、絶縁された電子素子の形成に極めて有用である。

【0075】ここで、図3(d)に示す貼り合せ基板を多孔質Si層502で分割した場合には、第1の基板501上に残する多孔質Si層502を除去して、必要に応じて、その表面を平坦化した後に、再利用することができる。

【0076】次に、多孔質層を除去するために好適なウェハ処理装置の具体例を列挙する。

【0077】(処理装置の構成例1)図4は、多孔質層を除去するために好適なウェハ処理装置の概略構成を示す斜視図である。

【0078】このウェハ処理装置100のうち処理液が接触し得る部分は、用途に応じて、石英、プラスチック等で構成することが好ましい。プラスチックとしては、例えば、弗素樹脂、塩化ビニール、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリブチレンテレフタレート(PBT)またはポリエーテルエーテルケトン(PEEK)等が好適である。このうち弗素樹脂としては、例えば、PVDF, PFA, PTFE等が好適である。

【0079】このウェハ処理装置100は、ウェハ処理槽110と、オーバーフロー槽120と、超音波槽130と、ウェハ140を回転させながら支持するウェハ回転機構(111~119)とを有する。

【0080】ウェハを処理する際には、ウェハ処理槽110に処理液(エッチング液)を満たす。ウェハ処理槽110の上部の周囲には、ウェハ処理槽110から溢れた処理液を一旦貯留するためのオーバーフロー槽120が設けられている。オーバーフロー槽120に一旦貯留された処理液は、オーバーフロー槽120の底部から循環器121に向けて排出パイプ21aを通して排出される。循環器121は、排出された処理液をフィルタリングしてパーティクルを除去し、供給パイプ121bを介してウェハ処理槽110の底部に送り出す。したがって、ウェハ処理槽110内のパーティクルが効率的に除去され

る。

【0081】ウェハ処理槽110の深さは、ウェハ140が完全に埋没する深さにすることが好ましく、これにより大気中や液面付近のパーティクルがウェハ140に吸着することを防止することができる。

【0082】ウェハ処理槽110の下部には、超音波槽30が配置されている。超音波槽130の内部には、調整機構132により超音波源131が支持されている。この調整機構132は、超音波源131とウェハ処理槽110との相対的な位置関係を調整する機構として、超音波源131の上下方向の位置を調整するための機構と、水平面内の位置を調整するための機構とを有し、この機構により、ウェハ処理槽110、より詳しくはウェハ140に供給される超音波を最適化することができる。超音波源131は、発生する超音波の周波数や強度を調整する機能を備えることが好ましく、これにより超音波の供給をさらに最適化することができる。このように、ウェハ140に対する超音波の供給を最適化するための機能を備えることにより、多様な種類のウェハに個別に対応可能になる。超音波槽130には、超音波伝達媒体（例えば、水）が満たされており、この超音波伝達媒体によりウェハ処理槽110に超音波が伝達される。

【0083】このウェハ処理装置100は、超音波源131のオン・オフを制御する制御部を有し、該制御部により、上記の多孔質層の除去処理を制御することができる。

【0084】ウェハ140は、ウェハ140に係合する溝111aを有する4本のウェハ回転ロッド111によってウェハ処理槽110の底面に対して略垂直に保持される。このウェハ回転ロッド111は、ウェハ140を回転させながら支持する機能を有し、ウェハ回転機構の一部をなす。各ウェハ回転ロッド111は、対向する一対のロッド支持部材118により回動可能に支持されており、モータ119が発生する駆動トルクを伝達されて夫々同一方向に回転する。また、各ウェハ回転ロッド111は、超音波の伝達を阻害しない程度に小径にすることが好ましい。

【0085】なお、ウェハ回転ロッド111の本数は、少ない方が好ましいが、ウェハ140との摩擦力を確保することを考慮すると、ウェハ140の転がり方向（X軸方向）の移動を制限する2本のウェハ回転ロッド111と、ウェハ140を下方から支持するための2本のウェハ回転ロッド111を設けることが好ましい。ウェハの下方に2本のウェハ回転ロッド111を適切な間隙をもって配置することにより、オリエンテーション・フラットを有するウェハに対する駆動トルクの伝達を効率化することができる。これは、ウェハの下方に1本のウェハ回転ロッド111しか存在しない場合には、当該ウェハ回転ロッド111上にオリエンテーション・フラットが位置する場合に、当該ウェハ回転ロッド111によっ

てはウェハを回転させることができないからである。

【0086】通常、ウェハ処理槽110の底面と液面との間には定在波、すなわち、超音波の強度が強い部分と弱い部分とが形成されるが、このウェハ処理装置100は、ウェハ140を回転させながら処理することができるため、定在波に起因する処理の不均一性が低減される。

【0087】このウェハ処理装置100は、ウェハ処理槽110の底部やウェハ40の周囲の部材を可能な限り排除した構造を有するため、ウェハ140に対する超音波の供給を効率化すると共に均一化することができる。また、このような構造により、ウェハ140の付近における処理液の流動が自由になるため、ウェハに対する処理を均一化し、処理不良の発生を防止することができる。

【0088】（ウェハ処理装置の構成例2）図5は、多孔質層を除去するために好適なウェハ処理装置の概略構成を示す図である。

【0089】このウェハ処理装置10のうち処理液が接触し得る部分は、用途に応じて、石英、プラスチック等で構成することが好ましい。プラスチックとしては、例えば、弗素樹脂、塩化ビニール、ポリエチレン、ポリブロビレン、ポリブチレンテレフタレート（PBT）またはポリエーテルエーテルケトン（PEEK）等が好適である。このうち弗素樹脂としては、例えば、PVDF、PFA、PTFE等が好適である。

【0090】このウェハ処理装置10は、ウェハ処理槽11と、ウェハホルダ21をウェハ処理槽11内で揺動させるためのホルダ駆動機構31とを有する。また、ウェハ処理装置10は、超音波槽61を有することが好ましい。

【0091】ウェハを処理する際には、ウェハ処理槽11に処理液を満たす。ウェハ処理槽11には、4面オーバーフロー槽12が設けられており、フィルタを内蔵した循環器71により処理液をウェハ処理槽11の底部よりウェハ処理槽11内に供給する。ウェハ処理槽11から溢れた処理液は4面オーバーフロー槽12に貯留され、4面オーバーフロー槽12の底部から循環器71に向けて排出される。このウェハ処理装置10は、ホルダ駆動機構31によりウェハホルダ21を揺動させながら同時に処理液を攪拌するため、処理液の液面を一定に維持するために上記の4面オーバーフロー槽12を含む循環系が極めて有用である。

【0092】ウェハホルダ21は、一般に市販されている製品をそのまま使用することができるが、石英、プラスチック等で構成したものが好ましい。プラスチックとしては、例えば、弗素樹脂、塩化ビニール、ポリエチレン、ポリブロビレン、ポリブチレンテレフタレート（PBT）またはポリエーテルエーテルケトン（PEEK）等が好適である。このうち弗素樹脂としては、例えば、

PVDF, PFA, PTFE等が好適である。

【0093】ホルダ駆動機構31は、ウェハホルダ21を把持する一对の把持部31aを有し、この一对の把持部31aによりウェハホルダ21を把持してウェハ処理槽11内に浸漬させると共に、ウェハ処理槽11内においてウェハホルダ21を揺動させながらウェハ40に対して所望の処理を施すことができる。したがって、ホルダ駆動機構31は、一方では、前の工程が終了したウェハ40が収容されたウェハホルダ21をウェハ処理槽11に搬送する機能や次の工程に搬送する機能を有し、他方では、ウェハ処理装置10の一部としての機能を有する。

【0094】なお、この実施の形態は、把持部31aによりウェハホルダ21を保持することによりウェハ40を間接的に保持するものであるが、例えば、把持部31を吸着パッド等に置換することにより、ウェハ40を直接的に保持可能な構成にすることもできる。また、ウェハ40の保持する方向は、ウェハ処理槽11の底面に垂直な方向に限られず、例えば、該底面に平行する方向等であっても良い。

【0095】超音波槽61内には、超音波源51が配され、超音波伝達媒体（例えば、水）で満たされている。この超音波源51は、上下及び／または左右に超音波源51の位置を調整するための調整機構62上に固定されている。この調整機構62により超音波源51とウェハ処理槽11との位置関係を調整することにより、ウェハ処理槽11、より詳しくはウェハ40に供給される超音波を最適化することができる。超音波源51は、発生する超音波の周波数や強度を調整する機能を備えることが好ましく、これにより超音波の供給をさらに最適化できる。このように、ウェハ40に対する超音波の供給を最適化するための機能を備えることにより、多様な種類のウェハに個別に対応可能になる。

【0096】このウェハ処理装置10は、超音波源51のオン・オフを制御する制御部を有し、該制御部により、上記の多孔質層の除去処理を制御することができる。

【0097】（ウェハ処理装置の構成例3）図6は、多孔質層を除去するために好適なウェハ処理装置の概略構成を示す図である。図7A～図7Eは、図6に示すウェハ処理装置の動作を示す図である。図8は、図6に示すウェハ処理装置における揺動支援部材の斜視図である。

【0098】ウェハ処理槽11の底部には、ホルダ駆動機構31によりウェハ40を揺動する際に、ウェハ40の揺動の効率を高めるための揺動支援部材13を備えることが好ましい。この揺動支援部材13は、ウェハホルダ21が移動する際に、ウェハホルダ21に保持されたウェハ40の外周部に接触し、摩擦力によりウェハ40を回転させると共にウェハホルダ21内で上下に移動させる。したがって、この揺動支援部材13は、処理後の

ウェハの面内均一性を向上させる上で有用である。

【0099】さらに、この揺動支援部材13を上下（y軸方向）及び／又は左右（x軸方向）に移動せしめる駆動機構を備えることも有効である。この場合、揺動支援部材13自体が移動することによりウェハ40を回転させると共にウェハホルダ21内で上下に移動させることができる。したがって、ホルダ駆動機構31によりウェハホルダ21を移動させる範囲を小さくすること、換言すると、ウェハ処理槽11を小型化することができる。

【0100】超音波槽61内には、超音波源51が配され、超音波伝達媒体（例えば、水）で満たされている。この超音波源51は、上下及び／または左右に超音波源51の位置を調整するための調整機構62上に固定されている。この調整機構62により超音波源51とウェハ処理槽11との位置関係を調整することにより、ウェハ処理槽11、より詳しくはウェハ40に供給される超音波を最適化することができる。超音波源51は、発生する超音波の周波数や強度を調整する機能を備えることが好ましく、これにより超音波の供給をさらに最適化できる。このように、ウェハ40に対する超音波の供給を最適化するための機能を備えることにより、多様な種類のウェハに個別に対応可能になる。

【0101】このウェハ処理装置10は、超音波源51のオン・オフを制御する制御部を有し、該制御部により、上記の多孔質層の除去処理を制御することができる。

【0102】図7A～図7Eは、ウェハの揺動方式を説明するための図である。これらの図において、矢印はウェハホルダ21の移動方向を示す。図7Aは、ウェハの揺動動作を開始する直前の状態を示している。ウェハの揺動動作の開始が指示されると、コンピュータ制御の下、先ず、図7Bに示すように、ホルダ駆動機構31は把持部31aを下方向に押し下げる。この押し下げの中途でウェハ40の外周部は揺動支援部材13に接する。したがって、ウェハ40は揺動支援部材13によって下部を支えられる。

【0103】揺動支援部材13は、ウェハ40に接触する際に僅かではあるがパーティクルを発生させる可能性がある。そこで、図8に示すように先端部分をR加工することにより、滑らかにウェハ40と接するようにすることが好ましい。

【0104】揺動支援部材13は、ウェハ40の揺動を支援できれば十分であるから、超音波の伝達を阻害しないような形状、例えば、薄板状にすることができる。これにより、ウェハ40に供給される超音波を均一化し、もってウェハ40に施す処理を均一化することができる。

【0105】また、このウェハ処理装置10は、ウェハ40と揺動支援部材13との相対的な位置関係、換言すると、ウェハ40とウェハ処理槽11との相対的な位置

関係を変化させながらウェハ40に対して処理を施すため、揺動支援部材13によって生じ得る僅かな超音波の不均一性も問題とならない。ウェハホルダ21の押し下げ量は、ある程度大きい方が、ウェハ40と揺動支援部材13との接触圧力を大きくすることができるため、揺動支援部材13とウェハ40との滑りをなくして動作不良を防止することができる。これは、押し下げ量が小さすぎると、ウェハ40に対する重力が揺動支援部材13の先端部に作用する割合よりもウェハホルダ21に作用する割合が大きくなるためである。この実施の形態に係る形状の揺動支援部材13を用いた場合、押し下げ量は、ウェハ40が揺動支援部材13に接触してから30mm程度とすることが好ましい。

【0106】ウェハホルダ21の押し下げ動作が終了すると、ホルダ駆動機構31は、コンピュータ制御の下、図7Cに示すように、把持部31aを右方向(x軸の正方向)に移動させる。これにより、ウェハ40は、時計回りに回転しながら、ウェハ処理槽11内において、右方向(x軸の正方向)に略水平に移動する。把持部31aの移動量は、ウェハホルダ21の下部の開口部に衝突しない範囲に設定する必要がある。

【0107】ウェハホルダ21の右方向(x軸の正方向)への動作が終了すると、ホルダ駆動機構31は、コンピュータ制御の下、図7Dに示すように、把持部31aを上方向に移動させる。把持部31aの移動量は、ウェハ40が処理液の液面14の近傍に至らない範囲にすることが好ましい。これは、ウェハ40が液面14の近傍に至ると、ウェハ40の表面にパーティクルが付着する虞があるからである。ウェハのホルダ21の上方向への動作が終了すると、ホルダ駆動機構31は、コンピュータ制御の下、図7Eに示すように、把持部31aを左方向(x軸の負方向)へ移動させ、初期状態(図7A)に戻す。

【0108】以上の動作(図7A→図7B→図7C→図7D→図7E)を繰り返すことにより、ウェハ40を適切に揺動させることができ、ウェハ40に施す処理を均一化することができる。

【0109】このウェハ処理装置10に拘れば、超音波槽61を調整することによって超音波の供給が最適化された領域においてウェハ40を揺動させるため、ウェハ40に作用する超音波を最適化することができる。

【0110】ところで、超音波の定常波は定間隔で腹と節とを有することが知られている。したがって、超音波をウェハ処理槽11内において均一化することは困難である。

【0111】しかし、このウェハ処理装置10は、ホルダ駆動機構31によりウェハ40を揺動させるため、超音波の強度の不均一な分布に拘わらず、ウェハ40に対する処理を均一化することができる。なお、ウェハ40を移動させる方向は、例えば、水平方向のみ、垂直方向

のみ、斜め方向のみ等の単純なものであっても、ウェハ40に対する処理の均一化に寄与させることができる。また、ウェハ40をその軸方向(Z軸方向)にも揺動させることにより、水平面内における超音波の強度部分によるウェハ間の処理の不均一性等をも是正することができる。

【0112】このウェハ処理装置10は、さらに、揺動支援部材13を備えているため、ウェハ40の揺動量を効率的に高めることができる。なお、揺動支援部材13の固定位置はウェハ処理槽11の底部に限定されず、ウェハホルダ21の全ウェハ40に接触し得る構造であれば、例えば、ウェハ処理槽11の側壁に固定しても良いし、例えば、ホルダ駆動機構31に固定しても良い(この場合は、把持部31aとの相対的な位置関係を変化させる機構を設ける)。

【0113】さらに、このウェハ処理装置10に拘れば、ウェハ処理槽11内に駆動機構が存在しないため、駆動機構に起因するパーティクルが発生しない。

【0114】(ウェハ処理装置の構成例4)図9は、多孔質層を除去するために好適なウェハ処理装置の概略構成を示す図である。

【0115】このウェハ処理装置300は、ウェハ移動機構80によって、ウェハ処理槽11の底面に対して略平行(すなわち、超音波の振動面に対して略平行)にウェハ40を保持して、ウェハ処理槽11内の処理液(エッチング液)に完全に浸漬した状態で揺動させることにより、ウェハ40に施す処理を均一化すると共にパーティクルによる汚染を防止するものである。

【0116】ウェハ移動機構80は、アーム81によってウェハ40を把持し、ウェハ処理槽11内においてウェハ40を揺動させる。この揺動は、超音波の振動面を横切るような方向(すなわち、上下方向)の他、該振動面に平行な方向(すなわち、水平方向)が好ましい。

【0117】このウェハ処理装置300においても、ウェハ40を処理液に完全に浸漬した状態で処理することができるが、この場合、処理液と気体との界面付近においてウェハ40にパーティクルが付着することを防止することができる。

【0118】このウェハ処理装置300に拘れば、ウェハ40をウェハ処理槽11内で揺動させることにより、ウェハ40に施す処理を均一化することができる。

【0119】(ウェハ処理装置の構成例5)図10は、多孔質層を除去するために好適なウェハ処理装置の概略構成を示す図である。上記の構成例2乃至構成例4に係るウェハ処理装置は、ウェハを揺動せながら処理するものであるが、この構成例に係るウェハ処理装置500は、ウェハを揺動させる代わりに処理液(エッチング液)の流れを速くしたものである。

【0120】このウェハ処理装置500は、ウェハ処理槽11の下部にウェハホルダ21の支持部73を設け、

該支持部73の下部の吹き出し口72により、循環器71から供給される処理液を高速に吹き出す。支持部73には、複数の開口部が設けられており、吹き出し口72から吹き出された処理液は、この開口部を通して上方に移動する。

【0121】このように処理液の循環を高速にすることにより、ウェハ40に対する処理を均一化することができる。

【0122】なお、上記のような循環機構(71～73)を例えれば図5に示すウェハ処理装置100に組み込むことにも有効である。

【0123】(ウェハ処理装置の構成例6)上記の各ウェハ処理装置は、超音波源を制御することにより、ウェハ処理槽に超音波を供給するか否かを切替えるものであるが、例えば、超音波源とウェハとの間に、必要に応じて超音波の伝達を遮断するための機構を設けてもよい。

【0124】ここでは一例として図5又は図6に示すウェハ処理装置の変形例を挙げる。図11は、図5又は図6に示すウェハ処理装置の変形例を示す図である。なお、図11において、オーバーフロー槽や循環器等は省略されている。

【0125】この変形例に係るウェハ処理装置は、超音波源51とウェハ処理槽11の底面との間に、必要に応じて超音波の伝達を遮断するシャッタ91, 92を有する。このシャッタ91, 92は、ウェハ処理槽11に超音波を伝達させる場合には、図11(a)に示すように、不図示の駆動部により開放され、ウェハ処理槽11に対する超音波の伝達を遮断する場合には、図11(b)に示すように、不図示の駆動部により閉じられる。このシャッタ91, 92の材質としては、超音波を伝達しにくい材質、例えば、PFAやPTFEが好適である。

【0126】(ウェハ処理装置の構成例7)図12は、多孔質層を除去するため好適なウェハ処理装置の概略構成を示す図である。図12(a)は正面図、図12(b)は側面図、図12(c)は平面図である。

【0127】このウェハ処理装置700は、噴射ノズル700よりストライプ状の流体(例えば、水)701を噴射し、この噴射された流体によりウェハ40の多孔質層40aを除去する。

【0128】図12に示す例では、噴射ノズル700よりウェハ40に対して垂直に流体701を噴射しながらz軸方向に該噴射ノズル700を走査することにより、多孔質層40aを全面にわたって除去することができる。

【0129】以下、上記の多孔質層の除去方法を適用した実施例を挙げる。

【0130】(実施例1)まず、単結晶Si基板の表面に、耐HF性の素材からなる膜を形成し、これをパタニングして開口部を有するマスクパターンを形成した。そし

て、該開口部により露出した部分の単結晶Si基板に対してHF溶液中で陽極化成処理を施して多孔質層を形成した。この処理により単結晶Si基板に50μm厚の多孔質層を形成した。次いで、マスクパターンを除去した。なお、単結晶Si基板の表面にマスクパターンを形成する代わりに、多孔質層を形成すべき領域のみにHF溶液が接触し得るホルダに単結晶Si基板をセットして陽極化成処理を実行してもよい。次いで、結果物としての基板を図4に示す処理装置100にセットした。ここで、図4に示す処理装置100のウェハ処理槽110には、予めHF酸、過酸化水素水及び純水の混合液(エッティング液)を満たしておいた。この処理装置100において、約2時間、基板を回転させると共に1MHz付近の超音波を印加し、多孔質Si層中にエッティング液を染み込ませた。

【0131】次いで、超音波源131の動作を停止させて、約1時間、基板をウェハ処理槽110中に放置した。これにより、多孔質Si層の孔壁が薄くなつた。

【0132】次いで、図12に示す装置により多孔質Si層を完全に除去した。その結果、基板表面に深さ50μmの凹部を有する構造体を形成することができた。

【0133】なお、図5、図6、図9に示す装置によつても、同様の構造体を形成することができることを確認した。

【0134】(実施例2)まず、単結晶Si基板の表面に、耐HF性の素材からなる膜を形成し、これをパタニングして開口部を有するマスクパターンを形成した。そして、該開口部により露出した部分の単結晶Si基板に対してHF溶液中で陽極化成処理を施して、裏面側まで至る多孔質層を形成した。この処理によりをパタニングして開口部を設け、その開口部のみ陽極化成により多孔質層を形成し、その後、マスクパターンを除去した。なお、単結晶Si基板の表面にマスクパターンを形成する代わりに、多孔質層を形成すべき領域のみにHF溶液が接触し得るホルダに単結晶Si基板をセットして陽極化成処理を実行してもよい。次いで、結果物としての基板の表面に厚さ1μmの単結晶Si層をエピタキシャル成長法により形成した。

【0135】次いで、結果物としての基板を図4に示す処理装置100にセットした。ここで、図4に示すウェハ処理装置100のウェハ処理槽110には、予めHF酸、過酸化水素水及び純水の混合液(エッティング液)を満たしておいた。この処理装置100において、約6時間、基板を回転させると共に0.25MHz付近の超音波を印加し、多孔質Si層中にエッティング液を染み込ませた。

【0136】次いで、超音波源131の動作を停止させて、約2時間、基板をウェハ処理槽110中に放置した。これにより、多孔質Si層の孔壁が薄くなつた。

【0137】次いで、約5分間、再度超音波源131を動作させることにより、多孔質Si層を完全に除去し

た。その結果、多孔質Si層の上部に形成されていたエピタキシャル層（単結晶Si層）を含む単結晶Siのメンブレンを形成することができた。ここで、エピタキシャル層は、全面において略均一の厚さを有していた。

【0138】事前にエピタキシャル層（単結晶Si層）の一部を除去しておくことにより、例えば図2(c)に示すように、単結晶Siを材料とする片持ち梁状の構造体を形成することもできる。

【0139】なお、図5、図6、図9に示す装置によつても、同様の結果を得ることができることを確認した。

【0140】(実施例3) まず、第1の単結晶Si基板を準備し、その表面層をHF溶液中において陽極化成することにより多孔質Si層を形成した。その陽極化成条件は以下の通りである。

【0141】電流密度 : 7 (mA/cm²)

陽極化成溶液 : HF:H₂O:C₂H₅OH=1:1:1

時間 : 11 (min)

多孔質Siの厚み : 12 (μm)

次いで、この基板を酸素雰囲気中において400°Cで1時間酸化させた。この酸化により多孔質Si層の孔の内壁は熱酸化膜で覆われた。更に、多孔質Si層上にCVD(Chemical Vapor Deposition)法により厚さ0.30μmの単結晶Si層をエピタキシャル成長させた。その成長条件は以下の通りである。

【0142】ソースガス : SiH₂Cl₂/H₂

ガス流量 : 0.5/180 (l/min)

ガス圧力 : 80 (Torr)

温度 : 950 (°C)

成長速度 : 0.3 (μm/min)

次いで、このエピタキシャルSi層の表面に熱酸化法により厚さ200nmのSiO₂層を形成した。

【0143】次いで、この第1の基板のSiO₂層の表面と別途用意したSi基板(第2の基板)の表面とを貼り合わせた。

【0144】次いで、第1の基板側を研削、研磨、エッチング等の方法により除去して、第2の基板上の全域に多孔質Si層を表出させた。

【0145】次いで、この第2の基板を図4に示すウェハ処理装置100にセットした。ここで、図4に示すウェハ処理装置のウェハ処理槽110には、予め弗酸、過酸化水素水及び純水の混合液(エッチング液)を満たしておいた。この処理装置100において、約1.5時間、第2の基板を回転させると共に0.25MHz付近の超音波を印加し、多孔質Si層中にエッチング液を染み込ませた。

【0146】次いで、超音波源131の動作を停止させて、約1時間、基板をウェハ処理槽110中に放置した。これにより、多孔質Si層の孔壁が薄くなつた。

【0147】次いで、約5分間、再度超音波源131を

動作させることにより、多孔質Si層を完全に除去した。この際、例えば図10に示すように、エッチング液を適度に循環させた方が、処理後の基板の面内の均一性が良くなる。

【0148】ここで、多孔質Si層のエッチング液に超音波を印加し、基板を回転させると共にエッチング液を循環させながら、該基板の多孔質層にエッチング液を染み込ませ、その後、超音波の印加を中断して相応の時間だけ放置することにより、全基板に関して、面内の全域にわたり多孔質Si層の孔壁の厚さを十分に薄くすることができる。このため、再度超音波を印加することにより、全基板の全域にわたって均一に、残留している多孔質Siを一括して除去することができる。

【0149】なお、図5、図6、図9に示す装置によつても、同様の結果を得ることができることを確認した。

【0150】ここで、超音波の印加を中断した後において、再度超音波を印加する方法の代わりに以下に列挙する各方法を採用した場合においても、残留した多孔質Si層を高品位に除去することができる。

(例1) 弗酸、硝酸及び純水の混合液に5秒程度浸して多孔質Si層を除去する方法。

(例2) 多孔質Si層を研磨により除去する方法。

(例3) 多孔質Si層をスクラバー洗浄により除去する方法。

(例4) 例えれば1000kg/cm²の圧力でウォータージェットを噴射しながら基板上を走査することにより多孔質Si層を除去する方法。

【0151】上記の多孔質Si層の除去の工程において、単結晶Siはエッチストップとして機能し、多孔質Si層が選択的にエッチングされて完全に除去された。

【0152】上記のエッチング液に対する非多孔質のSi単結晶のエッチング速度は極めて低く、多孔質層のエッチング速度との選択比は10⁵以上であり、非多孔質層のエッチング量(数十オングストローム程度)は、実用上許容可能な量である。

【0153】以上の工程により、Si酸化膜上に0.2μmの厚みを持った単結晶Si層を有するSOI基板を形成することができた。形成された単結晶Si層の膜厚を面内の全面にわたって100点について測定したところ、膜厚は201nm±4nmであった。

【0154】さらに、上記の結果物に対して水素中において1100°Cで熱処理を1時間施した後に、表面粗さを原子間力顕微鏡で評価したところ、5μm角の領域での平均2乗粗さはおよそ0.2nmであった。これは通常市販されているSiウエハと同等である。

【0155】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、単結晶Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0156】なお、酸化膜(SiO₂)をエピタキシャル層の表面でなく、第2の基板の表面に形成した場合或

いは双方に形成した場合においても同様の結果が得られた。

【0157】また、第2の基板として石英等の光透過性の基板を用いた場合においても良好な結果を得ることができた。ただし、この場合、石英と単結晶Si層との熱膨張係数の差により単結晶Si層にスリップが入るおそれがあるため、水素中において熱処理する温度を1100°Cから1000°C以下にした。

【0158】(実施例4) 第1の単結晶Si基板に対してHF溶液中において2段階の陽極化成を施し、2層の多孔質層を形成した。この陽極化成条件は以下の通りであった。

【0159】<第1段階の陽極化成>

電流密度 : 7 (mA/cm²)

陽極化成溶液 : HF:H₂O:C₂H₅OH=1:1:1

時間 : 5 (min)

多孔質Si層の厚み : 5.5 (μm)

<第2段階の陽極化成>

電流密度 : 30 (mA/cm²)

陽極化成溶液 : HF:H₂O:C₂H₅OH=1:1:1

時間 : 110 (sec)

多孔質Si層の厚み : 3 (μm)

次いで、この基板を酸素雰囲気中において400°Cで1時間酸化させた。この酸化により多孔質Si層の孔の内壁は熱酸化膜で覆われた。更に、この多孔質Si層上にCVD(Chemical Vapor Deposition)法により厚さ0.15μmの単結晶Si層をエピタキシャル成長法により形成した。この成長条件は以下の通りである。

【0160】ソースガス : SiH₂Cl₂/H₂

ガス流量 : 0.5/180 (l/min)

ガス圧力 : 80 (Torr)

温度 : 950 (°C)

成長速度 : 0.3 (μm/min)

次いで、このエピタキシャルSi層の表面に熱酸化法により厚さ100nmのSiO₂層を形成した。

【0161】次いで、この第1の基板のSiO₂層の表面と別途に用意したSi基板(第2の基板)の表面とを貼り合わせた。

【0162】次いで、30mA/cm²の電流密度(第2段階の陽極化成)で形成した多孔質Si層で、貼り合せた基板を2分割し、第2の基板側の全面に多孔質Si層を表出させた。分割方法としては、機械的に引っ張る方法、ねじる方法、加圧する方法、楔を入れる方法、端面から酸化して剥がす方法、熱応力を利用する方法、超音波を加える方法、ウォータージェットを貼り合わせた基板に挿入する方法等が好適である。

【0163】次いで、この第2の基板を図4に示すウェハ処理装置100にセットした。ここで、図4に示すウェハ処理装置のウェハ処理槽110には、予め弗酸、過酸化水素水及び純水の混合液(エッティング液)を満たし

ておいた。この処理装置100において、約1.5時間、第2の基板を回転させると共に0.25MHz付近の超音波を印加し、多孔質Si層中にエッティング液を染み込ませた。

【0164】次いで、超音波源131の動作を停止させて、約1時間、基板をウェハ処理槽110中に放置した。これにより、多孔質Si層の孔壁が薄くなった。

【0165】次いで、約5分間、再度超音波源131を動作させることにより、多孔質Si層を完全に除去した。この際、例えば図10に示すように、エッティング液を適度に循環させた方が、処理後の基板の面内の均一性が良くなる。

【0166】ここで、多孔質Si層のエッティング液に超音波を印加し、基板を回転させると共にエッティング液を循環させながら、該基板の多孔質層にエッティング液を染み込ませ、その後、超音波の印加を中断して相応の時間だけ放置することにより、全基板に関して、面内の全域にわたり多孔質Si層の孔壁の厚さを十分に薄くすることができる。このため、再度超音波を印加することにより、全基板の全域にわたって均一に、残留している多孔質Siを一括して除去することができる。

【0167】なお、図5、図6、図9に示す装置によつても、同様の結果を得ることができることを確認した。

【0168】ここで、超音波の印加を中断した後において、再度超音波を印加する方法の代わりに以下に列举する各方法を採用した場合においても、残留した多孔質Si層を高品位に除去することができる。

(例1) 弗酸、硝酸及び純水の混合液に5秒程度浸して多孔質Si層を除去する方法。

(例2) 多孔質Si層を研磨により除去する方法。

(例3) 多孔質Si層をスクラバー洗浄により除去する方法。

(例4) 例えば1000kg/cm²の圧力をウォータージェットを噴射しながら基板上を走査することにより多孔質Si層を除去する方法。

【0169】上記の多孔質Si層の除去の工程において、単結晶Siはエッチストップとして機能し、多孔質Si層が選択的にエッティングされて完全に除去された。

【0170】上記のエッティング液に対する非多孔質のSi単結晶のエッティング速度は極めて低く、多孔質層のエッティング速度との選択比は10⁵以上であり、非多孔質層のエッティング量(数十オングストローム程度)は、実用上許容可能な量である。

【0171】以上の工程により、Si酸化膜上に0.1μmの厚みを持った単結晶Si層を有するSOI基板を形成することができた。形成された単結晶Si層の膜厚を面内の全面にわたって100点について測定したところ、膜厚は101nm±3nmであった。

【0172】さらに、上記の結果物に対して水素中において1100°Cで熱処理を1時間施した後に、表面粗さを原

子間力顕微鏡で評価したところ、 $5\mu\text{m}$ 角の領域での平均2乗粗さはおよそ 0.2nm であった。これは通常市販されているSiウェハと同等である。

【0173】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0174】酸化膜は、エピタキシャル層表面でなく、第2の基板表面に形成しても、あるいは、その両者に形成しても同様の結果が得られた。

【0175】また、第2の基板として石英等の光透過性ウェハを用いても、本実施例は、同様に実施できた。ただし、石英とSi層との熱膨張係数の差により単結晶Si層にスリップがはいるため、水素中 1100°C での熱処理は、温度を 1000°C 以下に下げておこなった。

【0176】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、単結晶Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0177】なお、酸化膜(SiO_2)をエピタキシャル層の表面でなく、第2の基板の表面に形成した場合あるいは双方に形成した場合においても同様の結果が得られた。

【0178】また、第2の基板として石英等の光透過性の基板を用いた場合においても良好な結果を得ることができた。ただし、この場合、石英と単結晶Si層との熱膨張係数の差により単結晶Si層にスリップが入るおそれがあるため、水素中において熱処理する温度を 1100°C から 1000°C 以下にした。

【0179】一方、第1の基板側に残った多孔質Si層を選択的にエッチングし、その後、水素アーピール又は表面研磨等の表面処理を施すことにより、第1の基板又は第2の基板として再利用することができた。

【0180】なお、陽極化成により形成する多孔質層を1層構造とした場合においても略同様の結果が得られた。

【0181】上記の実施例において、多孔質Si層上に単結晶Si層を形成するエピタキシャル成長法としては、CVD法の他、MBE法、スパッタ法、液相成長法等が好適である。また、多孔質Si層上には、GaAs、InP等の単結晶化合物半導体をエピタキシャル成長させることもできる。この場合、GaAs on Si、GaAs on Glass(Quartz)等の高周波デバイス、DEICに適した基板を作製することができる。.

【0182】また、多孔質Si層を選択的にエッチングするためのエッチング液は、49%のフロントと30%の過酸化水素水と水との混合液が好適であるが、以下に挙げるエッチング液も好適である。多孔質Siは、膨大な表面積を有するため、選択的なエッチングが容易だからである。

(a)フロント

(b)フロントにアルコールおよび過酸化水素水の少なくとも

一方を添加した混合液(c)バッファードフロント

(d)バッファードフロントにアルコールおよび過酸化水素水の少なくとも一方を添加した混合液

(e)フロント・硝酸・酢酸の混合液

また、上記の実施例では、超音波の印加を中断する方法として、超音波源の動作を停止させる方法を挙げているが、例えば、図11に示すように、シャッターを用いる方法も有効である。

【0183】以上、特定の実施の形態及び実施例を挙げて特徴的な技術的思想を説明したが、本発明は、これらの実施の形態及び実施例に記載された事項によって限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範囲内において様々な変形をなし得る。

【0184】

【発明の効果】本発明によれば、例えば、多孔質領域の下地の平坦性を維持することができる。

【0185】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の好適な実施の形態に係る多孔質層の除去方法の原理を説明するための図である。

【図2】多孔質層の除去方法の第1の応用例に係る加工方法を示す図である。

【図3】本発明の好適な実施の形態に係る半導体基体の製造方法を示す図である。

【図4】構成例1に係るウェハ処理装置を示す斜視図である。

【図5】構成例2に係るウェハ処理装置を示す図である。

【図6】構成例3に係るウェハ処理装置を示す図である。

【図7A】図6に示すウェハ処理装置の動作を示す図である。

【図7B】図6に示すウェハ処理装置の動作を示す図である。

【図7C】図6に示すウェハ処理装置の動作を示す図である。

【図7D】図6に示すウェハ処理装置の動作を示す図である。

【図7E】図6に示すウェハ処理装置の動作を示す図である。

【図8】図6に示すウェハ処理装置における振動支援部材の斜視図である。

【図9】構成例4に係るウェハ処理装置を示す図である。

【図10】構成例5に係るウェハ処理装置を示す図である。

【図11】図5又は図6に示すウェハ処理装置の変形例を示す図である。

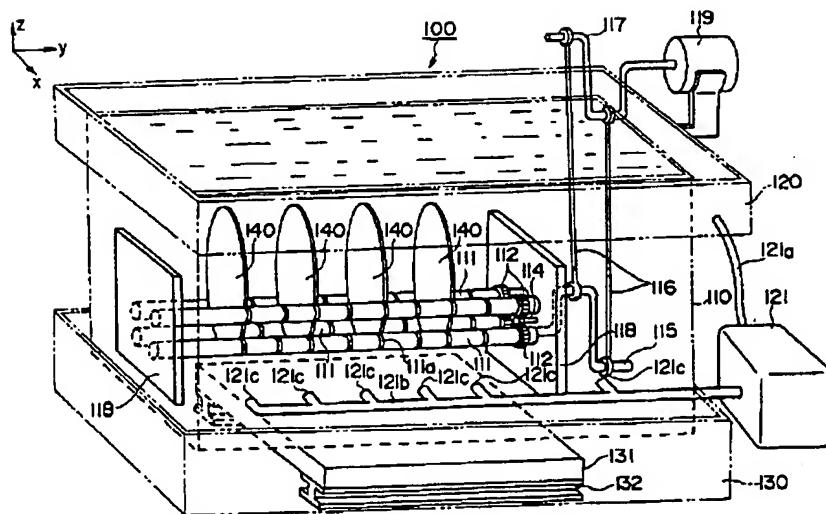
【図12】構成例7に係るウェハ処理装置を示す図である。

【符号の説明】

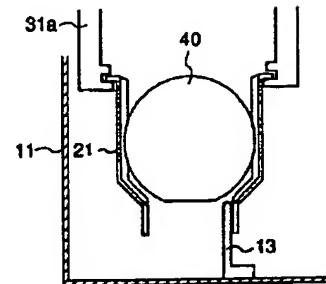
201 基板
 202 多孔質層
 203 エッチング液
 401 基板
 402 多孔質Si部
 403 非多孔質層
 501 単結晶Si基板
 502 多孔質Si層
 503 非多孔質層
 504 SiO₂層
 505 第2の基板
 110 ウエハ処理槽
 111 ウエハ回転ロッド
 111a 溝
 112 駆動力伝達ギア
 114 中間ギア
 114a 駆動力伝達ギア
 115 クラング
 116 連結ロッド
 117 クランク
 118, 118' ロッド支持部材
 119 モータ
 120 オーバーフロー槽
 121 循環器
 121a 排出パイプ
 121b 供給パイプ
 121c 供給口

130 超音波槽
 131 超音波源
 132 調整機構
 140 ウエハ
 11 ウエハ処理槽
 12 4面オーバーフロー槽
 13, 13' 揺動支援部材
 13a, 13b 溝
 14 液面
 21 ウエハホルダ
 31, 31' ホルダ駆動機構
 31a, 31a' 把持部
 31b 開閉用ロッド
 31c 水平駆動軸
 31d 垂直駆動軸
 40 ウエハ
 40a 多孔質層
 51 超音波源
 61 超音波槽
 62 調整機構
 71 循環器
 72 循環吹き出し口
 80 ウエハ移動機構
 81 アーム
 91, 92 超音波遮断シャッター
 10 ウエハ処理装置
 700 噴射ノズル
 701 流体

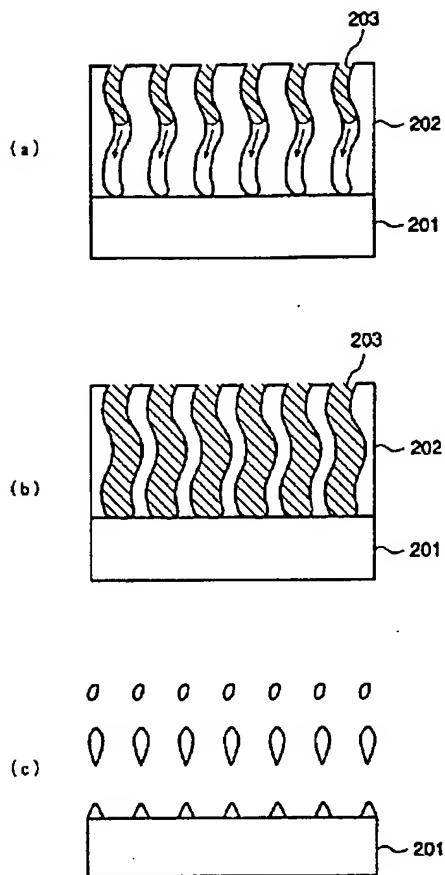
【図4】



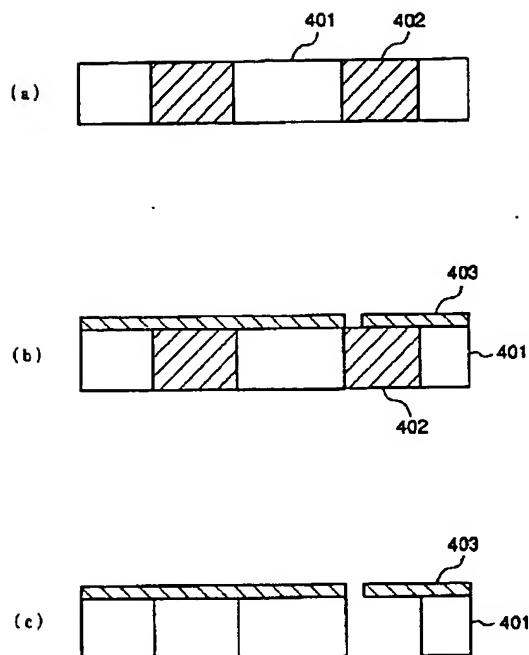
【図7A】



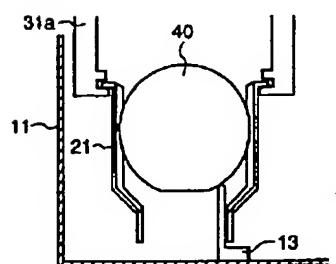
【図1】



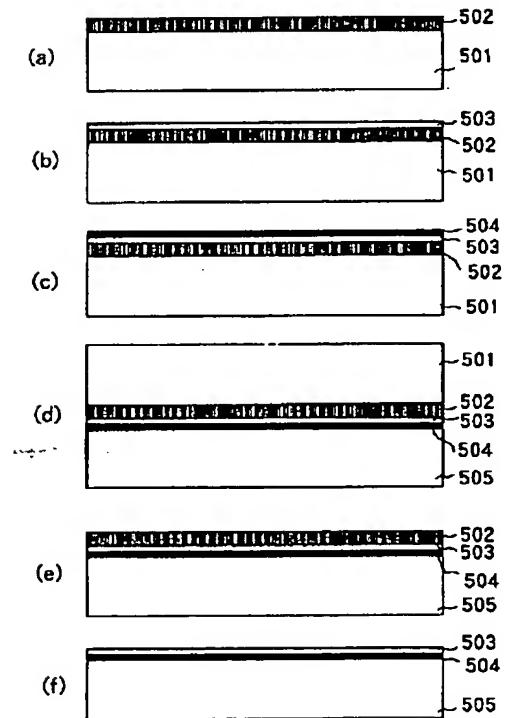
【図2】



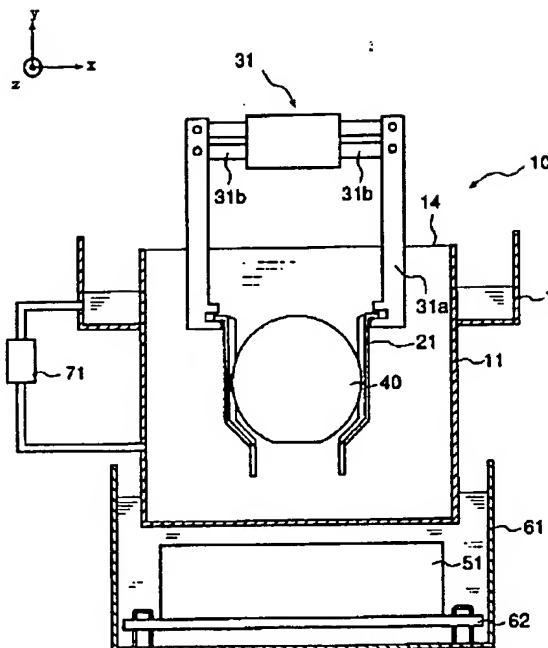
【図7B】



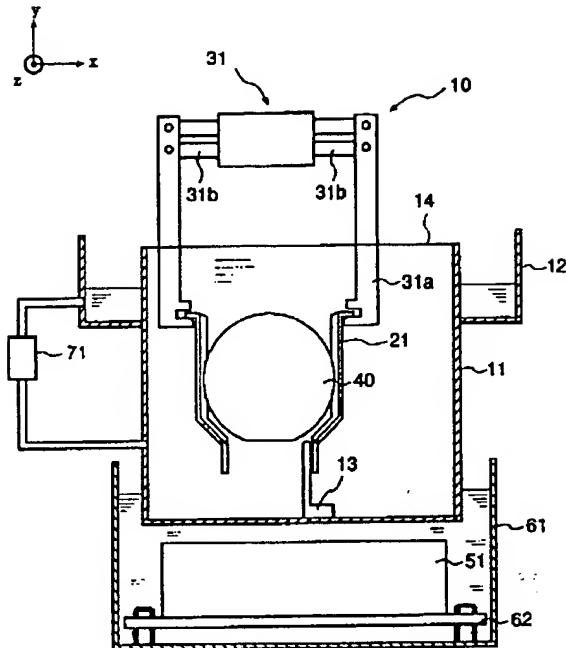
【図3】



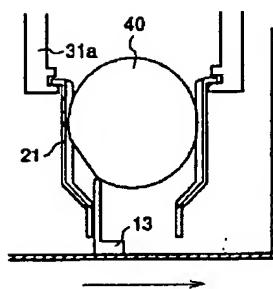
【図5】



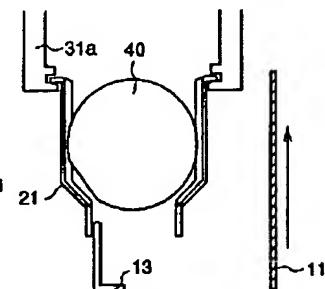
[図6]



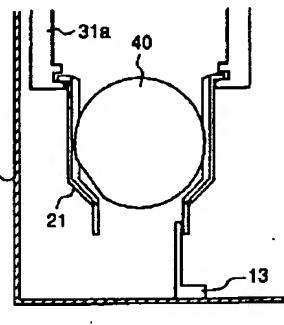
【図7C】



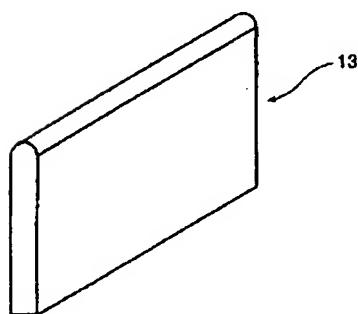
【図7D】



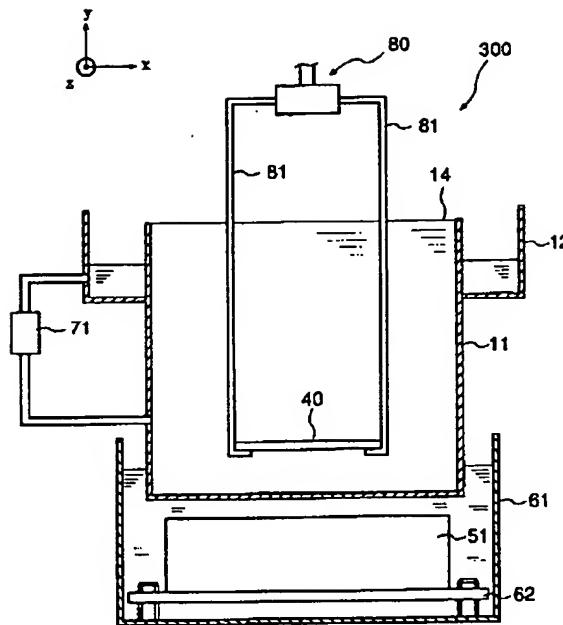
【图7E】



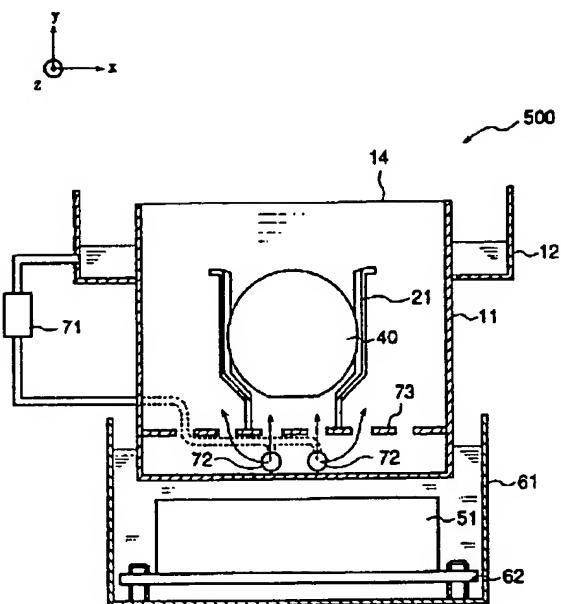
〔図8〕



【図9】

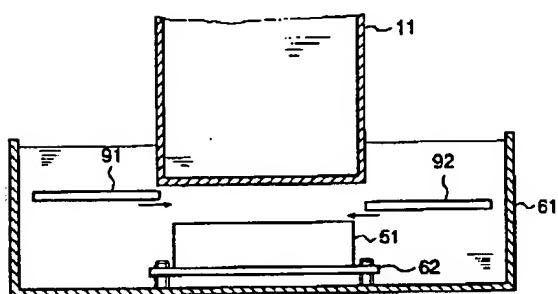


【図10】

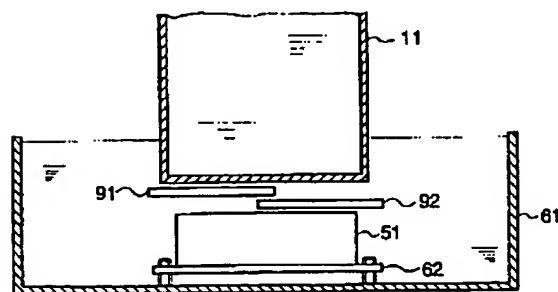


【図11】

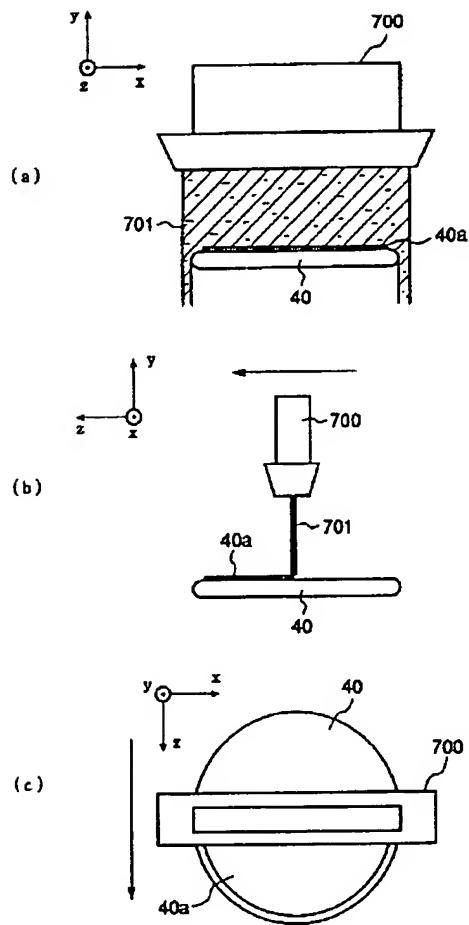
(a)



(b)



【図12】



THIS PAGE BLANK (USPTO)